

Manejo del sistema productivo**Artículo de investigación**

Evaluación financiera de ajo (*Allium sativum* L.) morado Nacional y Peruano en el altiplano cundiboyacense, Colombia

Financial evaluation of garlic (*Allium sativum* L.) purple Nacional and Peruvian in the highlands Cundiboyacense, Colombia

Avaliação financeira do alho (*Allium sativum* L.) roxo Nacional e Peruano no planalto Cundiboyacense, Colômbia

Andrés Iván Prato-Sarmiento¹

¹ MSc, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Investigador máster, Corpoica. Rionegro, Colombia.
aprato@corpoica.org.co

Fecha de recepción: 05/03/2015

Fecha de aceptación: 23/10/2015

Para citar este artículo: Prato-Sarmiento AI. Evaluación financiera de ajo (*Allium sativum* L.) morado Nacional y Peruano en el altiplano cundiboyacense, Colombia. Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria. 17(1):43-53

Resumen

El ajo ha estado ligado a la humanidad desde tiempos antiguos en los más diversos usos, como la culinaria, la medicina alternativa, la aleopatía y la agricultura orgánica. En Colombia se cultiva exclusivamente ajo del tipo morado; sin embargo, existe una brecha en el acceso, la regulación gubernamental y el conocimiento de los cultivares sembrados, lo que limita una óptima comercialización. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento financiero de los cultivares de ajo morado Nacional y Peruano en la región del altiplano cundiboyacense. La siembra se realizó del 24 al 29 de febrero de 2012. La densidad correspondió a 210.000 plantas/ha. Antes de iniciar la bulbificación, 85 a 90 días después

de siembra (DDS), el cultivar Nacional registró una menor masa seca de la parte aérea (49 %) y de bulbo en formación (57 %), número de hojas (10 %) y altura de la planta (11 %) frente al Peruano, pero a partir de los 117 DDS no se observaron diferencias. El crecimiento y fenología del cultivo fue bastante similar. Aproximadamente, un mes antes de cosecha (130 DDS), el costo/hectárea estimado fue 17,3 % superior en el cultivar Peruano, debido a la mayor cantidad de semilla empleada (95,6 %). El productor local es muy vulnerable al precio fijado por pocos comercializadores del material de propagación e incluso en la venta del producto.

Palabras clave: producción, comercialización, propagación vegetativa, fenología

Abstract

Garlic has been linked to mankind since ancient times in many different applications, such as culinary, alternative medicine, allelopathy and organic farming. In Colombia, only purple type garlic is grown. However, there is a gap in access, government regulations and knowledge of the cultivars planted, which limits its optimal commercialization. The objective of this study was to evaluate the financial behavior of Nacional and Peruvian cultivars in the region of Cundinamarca and Boyacá highland. Sowing was carried out from 24 to the 29 of February of 2012, with a density of 210,000 plants/ha. Before of bulbs grew, 85 to 90 days after sowing

(DAS), the Nacional cultivar registered a lower dry weight of the aerial part (49 %) and bulb formation (57 %), number of leaves (10 %) and plant height (11 %) versus the Peruvian cultivar; nonetheless, after the 117 DAS there was no difference. The growth and phenology of both cultivations were quite similar. Approximately one month before harvest (130 DAS) the cost/ha was estimated to be 17.3 % higher in the Peruvian cultivar, mainly due to the larger amount of seed used (95.6 %). The local producer is very vulnerable to the price of the propagation material fixed by a few marketers, and even in the final product sale.

Keywords: Production, Commercialization, Vegetative propagation, Phenology

Resumo

O alho tem estado ligado à humanidade desde tempos antigos nos mais diversos usos, como a culinária, a medicina alternativa, a alopatia e a agricultura orgânica. Na Colômbia cultiva-se exclusivamente alho do tipo roxo; porém, existe uma brecha no acesso, a regulamentação governamental e o conhecimento das cultivares empregadas, o que limita uma ótima comercialização. O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento financeiro das cultivares de alho roxo Nacional e Peruano na região do planalto Cundiboyacense. A semeadura realizou-se de 24 a 29 de fevereiro de 2012. A densidade de plantio correspondeu a 210.000 plantas/ha. Antes de começar a bulbificação, 85 a 90 dias depois da semeadura

(DDS), a cultivar Nacional registrou uma menor massa seca da parte aérea (49 %) e de bulbo em formação (57 %), número de folhas (10 %) e altura da planta (11 %) em comparação com o Peruano, mas a partir dos 117 DDS não se mostraram diferenças. O crescimento e fenologia do cultivo foi bastante similar. Aproximadamente, um mês antes de colheita (130 DDS), o custo/hectare estimado foi 17,3 % superior na cultivar Peruana, devido à maior quantidade de semente empregada (95,6 %). O produtor local é muito vulnerável ao preço fixado por poucos comercializadores do material de propagação e mesmo na venda do produto.

Palavras claves: produção, comercialização, propagação vegetativa, fenologia

Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015), el cultivo mundial de ajo (*Allium sativum* L.) alcanzó alrededor de 25 millones de toneladas y 17 t/ha, en producción y rendimientos, respectivamente. Su uso no solo se extiende a la culinaria, también ha ido ganando espacio en la medicina alternativa o tradicional, y como insecticida o alelopático para la agricultura biológica (Kilgori et al. 2007). Esta hortaliza ha acompañado por muchos siglos la historia de la humanidad, siendo consumido en diversos platos, tanto en fresco o deshidratado (Rosen y Tong 2001).

De acuerdo con Burba (2008), existen cuatro grupos ecofisiológicos de ajo: Grupo I (violetas o asiáticos), Grupo II (morados), Grupo III (violetas y blancos) y Grupo IV (colorado y castaño). En Colombia, casi todos los materiales cultivados de ajo pertenecen al grupo de los morados. Su cultivo se ha establecido en las subregiones del altiplano cundiboyacense, Nariño y Santander, entre los 2.200 y 2.800 msnm (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2014). En 2007 se sembraron 375 ha, estimándose una producción de 4.300 t y rendimientos de 11,5 t/ha (Pinzón 2009).

El ajo se caracteriza por la amplia variedad fenotípica (Pérez et al. 2010). No obstante, se ha demostrado poca diversidad genética, así, los cultivares o ecotipos son clasificados de acuerdo a parámetros morfológicos y de rendimientos (Rosen y Tong 2001; Acosta et al. 2008). Del mismo modo, la caracterización y comprensión de las condiciones ecofisiológicas, en especial la temperatura y el fotoperiodo, son vitales para determinar la adaptabilidad de los cultivares (Portela y Cavagnaro 2005).

Actualmente, en Colombia no existen empresas que realicen una selección adecuada del material de propagación, por lo que se convierte en el vehículo principal para la diseminación de distintos patógenos y fisiopatías (Pinzón 2009). Además, existe desconocimiento en los rendimientos y precios de venta para los cultivares sembrados (Ministerio de Agricultura

y Desarrollo Rural 2014). Esta incertidumbre dificulta la toma de decisiones esenciales de comercialización, con especial atención a la masiva y económica producción de ajo proveniente de China que inunda los mercados mundiales y amenaza el sector nacional.

La importación de ajo peruano en Colombia, tanto para consumo en fresco como para la utilización de la semilla de propagación asexual (dientes de ajo), se ha venido incrementando fuertemente en los últimos años. Para el primer semestre de 2010, respecto al mismo periodo de 2009, las exportaciones de ajo a Colombia crecieron un 182 %, convirtiéndose en uno de sus principales destinos. En el periodo 2012-2014, el precio promedio de ajo fresco para la venta hacia Colombia se ha mantenido alrededor de los US\$0,35/kg, con tendencia a la baja (Agrodataperu 2014).

El comportamiento agronómico del cultivar Peruano para el altiplano cundiboyacense se basa exclusivamente en experiencias empíricas de los productores locales, sin existir una justificación financiera aparente más lucrativa frente al ajo Nacional. Además, se reportan rendimientos más altos en Perú con respecto a otros cultivares importados en ese país y, por tanto, de mayor retorno económico al productor (Agencia Peruana de Cooperación Internacional y Comunidad Europea 2004). Así, con miras a recuperar la competitividad en el mercado nacional y promover su exportación, se hace conveniente continuar con el mejoramiento genético y la obtención de nuevas variedades mediante la selección. También, realizar estudios financieros que faciliten al productor mayor poder de decisión durante su comercialización con los materiales existentes.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento financiero de los cultivares de ajo morado Nacional y Peruano sembrados en Colombia. Fue realizada una evaluación de los diferentes manejos agronómicos (crecimiento y desarrollo del cultivo, fertilización, riego y manejo sanitario y de arvenses) y su interacción con los dos cultivares y, posteriormente, un análisis de costos para cada cultivar.

Materiales y métodos

Sitio experimental y material vegetal

La investigación se realizó durante los meses de febrero a junio de 2012, en el Centro Agropecuario Marengo (CAM) perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, municipio de Mosquera-Cundinamarca (4° 42' N 74° 12' O) y localizada en el km 14 de la carretera Central de Occidente (promedio de 14 °C y 2.516 msnm.). El área sembrada manualmente con cada cultivar correspondió a una parcela de 952 m². Se emplearon cuatro surcos por cama (1,20 m x 69 m x 0,5 m – ancho x largo x altura y separadas entre sí por 0,5 m). La distancia entre planta fue de 10 cm y entre surco de 25 cm, para una densidad de 210.000 plantas/ha. El material de propagación (dientes de ajo) fue comprado a un comerciante local. Según la empresa, en el caso del cultivar Nacional se realiza el desgrane manual de los bulbos (provenientes de todas las regiones del país) y son inmersos en solución del ingrediente activo fungicida Vitabax® (carboxin + thiram) y del insecticida Furadan® (carbofuran) por una a dos horas y es embalado para su venta directa. Para el cultivar Peruano se importó directamente del Perú, vía terrestre.

Fertilización

El plan de fertilización se basó en los valores de extracción del cultivo, los contenidos de nutrientes presentes en el suelo, la eficiencia de aplicación y los requerimientos según el estado de desarrollo del cultivo (Sardi y Timár 2005; Pérez et al. 2005; Huez et al. 2010). Se usó como fuentes urea, fosfato diamónico (DAP), cloruro de potasio, kieserita, boro y sulfato de cobre y de manganeso. La fertilización se parcializó en tres épocas fenológicas del cultivo, con los elementos mayores incorporados al suelo con azadón en las dos primeras y la tercera en banda. Se hizo aplicación foliar por aspersión 30 días después de siembra (DDS) de los micronutrientes (tabla 1).

Según el análisis de suelos realizado 30 días antes de la siembra, la parcela presentó estos valores: textura = franca (al tacto), pH = 5,3 (potenciómetro, suelo:agua 1:1), % MO (materia orgánica) = 7,8 (método Walkley y Black); % N = 0,4 (método Walkley y Black); P (meq 100/g) = 52 (calorimétrica, método Bray II); K, Mg, Ca, Al y Na (meq 100/g) = 0,3; 1,4; 7,4; 0,3 y 1,4 (absorción atómica, extracción acetato amonio), respectivamente; S (ppm)= 66,4 (turbidimétrica, extracción fosfato monobásico calcio 0,008 M); Fe, Zn, Cu y Mn (ppm) = 490,6; 1,6; 3 y 9,6 (absorción atómica, extracción DTPA), respectivamente; B (ppm) = 22,1 (colorimétrico, extracción monobásico calcio 0,008 M).

Tabla 1. Dosis (kg/ha) y épocas (DDS) del plan de fertilización adoptado para evaluar los cultivares de ajo Nacional y Peruano

	Total aplicado (kg/ha)	Parcialización de la fertilización (%)		
		Primera (30 DDS)	Segunda (80 DDS)	Tercera (110 DDS)
N	185	30	40	30
P	155	50	30	20
K	200	20	40	40
Mg	110	40	30	30
B	0,6	100		
Cu	1,3	100		
Mn	2,8	100		

Fuente: Adaptado de Sardi y Timár 2005; Pérez et al. 2005; Huez et al. 2010

Control de arvenses y patógenos

A los 25 DDS se realizó manejo químico de 1,5 L/ha del ingrediente activo herbicida Select One® (cletodim). Se ejecutaron dos desyerbes manuales con el objetivo de manejar principalmente especies de hoja ancha (25 y 80 DDS). Se realizaron dos aplicaciones de 0,45 L/ha del ingrediente activo fungicida Amistar Top® (azoxistrobina + difenoconazol) a los 70 DDS y a los 105 DDS para el manejo de incidencia y severidad diagnosticada en el cultivo por *Puccinia allii* (DC.) F. Rudolphi. Se efectuó una aplicación preventiva de este mismo patógeno a una concentración de 1 L/ha del ingrediente activo fungicida Nativo® (Tebuconazole + Trifloxistrobin) a los 125 DDS.

Riegos y drenajes

Fue empleada una batería de tensiómetros a 15 y 30 cm de profundidad de suelo para determinar continuamente el estado hídrico del cultivo. El cálculo de balance hídrico se ejecutó con la metodología FAO Peinman-Monteit. Los valores de Kc correspondieron a 0,4; 0,4; 1,0 y 0,6 para los estados fenológicos: 1) establecimiento y brotación hasta emisión de cuarta hoja; 2) hasta inicio de bulbificación; 3) hasta salida del escapo y 4) hasta maduración y cosecha, respectivamente (Fabeiro et al. 2003; Castro et al. 2014). Los requerimientos hídricos fueron calculados según los registros climáticos de 2001 a 2011 de la estación meteorológica Tibaitatá y el Centro Agropecuario Marengo (2015). Se totalizaron 15 horas de riego (78 mm aplicados por aspersión).

Evaluación de la semilla

Fueron escogidos al azar 25 semillas empleadas en la siembra de cada cultivar, considerándose cada semilla una repetición. Se tomaron mediciones de peso (g) con balanza analítica, diámetro ecuatorial (calibre) y diámetro longitudinal con auxilio de pie de rey (Pérez et al. 2010).

Evaluación de crecimiento y desarrollo del cultivo

A los 79 y 117 DDS se evaluó con regla y pie de rey la longitud de la parte aérea (desde cuello hasta el ápice de la hoja principal) y diámetro ecuatorial de bulbo (calibre), número de hojas, masa seca (MS) de la parte aérea y bulbo (65 °C hasta peso constante, medido en balanza analítica). Para la identificación fenológica de los estadios de crecimiento según la escala BBCH (Lancashire et al. 1991), se realizaron observaciones semanalmente en seis plantas al azar dentro de la parcela por cultivar (Pérez et al. 2010; Castro et al. 2014).

Análisis de rentabilidad

Se llevó a cabo el seguimiento financiero de todas las fases ejecutadas del experimento. El cuadro de costos general por hectárea se expresó para cada cultivar, y se efectuó el mismo manejo agronómico. Se pronosticó una rentabilidad del 25 % y unos rendimientos estimados mínimos para cumplir tal meta.

Análisis estadístico

Los datos de caracterización de la semilla y crecimiento del cultivo se sometieron a análisis de varianza y la prueba t, mediante el programa estadístico SAS 9.2®.

Resultados y discusión

Los dientes bulbo del cultivar Peruano fueron superiores para el diámetro longitudinal ($p < 0,001$), MS ($p < 0,001$) y calibre ($p < 0,001$), 3,1 cm, 1,6 g y 1,2 cm, respectivamente, en relación al cultivar Nacional que presentó valores de 2,2 cm, 0,7 g y 0,7 cm (figura 1a). La emergencia en campo, evaluada a los 44 DDS, fue similar (89 % Nacional; 91 % Peruano). Abu-Rayyan et al. (2012) relatan que temperaturas medias entre 7,5 °C y 30 °C son necesarias en ajo para una germinación y emergencia en campo mayor del 70 %, con una temperatura óptima alrededor de 24 °C, en la cual se presenta mayor velocidad de germinación. Estas condiciones estuvieron presentes en el periodo de estudio ($12,7 \pm 0,7$ °C) (Centro Agropecuario Marengo 2015).

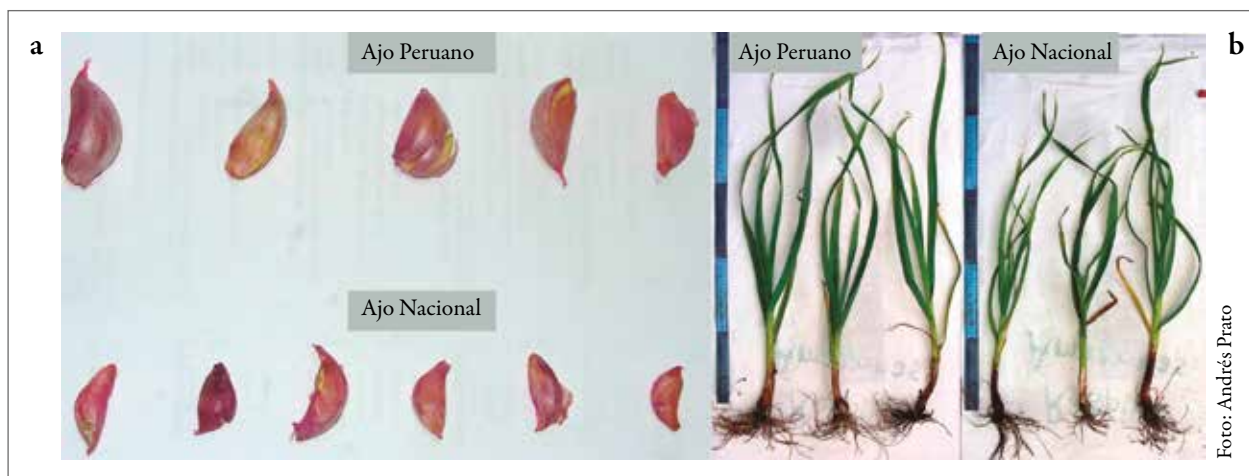


Figura 1. a. Semilla empleada y b. visual de las plantas a los 77 días después de siembra con los cultivares ajo morado Peruano y Nacional.

El peso individual por diente es una herramienta útil para su clasificación, con miras a la comercialización tanto para el consumo como para la siembra. En el mercado nacional e internacional se cotizan con valores más elevados los de mayor tamaño, ya que entre menos dientes presente el bulbo, es más apreciado (Pérez et al. 2005). Sin embargo, es difícil establecer visualmente el origen del material vegetal y si este realmente constituye un cultivar en particular, si ha ocurrido mezcla de semilla con cultivares diferentes, si presenta inocuidad total, entre otras (Izquierdo 2006). Lo anterior son apenas algunos inconvenientes que pueden suceder al momento de elegir correctamente material de siembra, por lo que al garantizar su trazabilidad se disminuyen esos riesgos.

Un elemento financiero determinante fue la cantidad de semilla empleada, prácticamente fue el doble para el cultivar Peruano (450 kg/ha) frente al Nacional (230 kg/ha), debido al mayor peso y tamaño de cada diente, lo que determinó un precio/kg de semilla más elevado en su compra. Los resultados del primer muestreo de crecimiento y desarrollo del cultivo (79 DDS) muestran que había inferioridad del Nacional en la altura de la planta, número de hojas, MS de la parte aérea y bulbo en formación, 10 %, 16 %, 49 % y 57 %, respectivamente (figura 1b y tabla 2). No obstante, al faltar 30 a 35 días para cosecha (117 DDS), los cultivares mostraron valores significativamente iguales en esos parámetros (tabla 2).

Los cultivares evaluados alcanzaron un crecimiento y desarrollo óptimo con la oferta climática de la región experimental. En diez cultivares de ajos comerciales (grupos morado, blanco, colorado y castaño) la MS total incrementó hasta los 21,1 °C (Saluzzo et al. 2010). Además, los autores constataron que la partición de la MS entre la lámina foliar, el pseudotallo y el bulbo cambió con las condiciones térmicas y el tipo de cultivar. La mayor MS de la parte aérea a los 117 DDS del cultivar Nacional se debió a un mayor porte de las plantas (altura), lo que indica una eficiencia mayor del Peruano porque, con el mismo número de hojas pero con menos MS, se obtuvieron valores similares en el diámetro del bulbo (tabla 2).

Según la identificación de los estadios de crecimiento basado en la escala BBCH, los cultivares mantuvieron un comportamiento similar a lo largo del ciclo evaluado (desde siembra hasta 125 DDS) (figura 2). Aproximadamente a los 10 DDS, se inició el estadio referente al desarrollo de las hojas (tallo principal), continuando a partir de los 85 DDS con el inicio del desarrollo de las partes vegetativas cosechables. Esta primera fase fenológica, es decir, crecimiento y desarrollo vegetal, se caracterizó por la formación de raíces y hojas (figura 2b). El inicio de bulbificación (segunda fase fenológica) es un parámetro de crecimiento fácil de obtener en campo, bastante útil al productor, pues funciona como buen indicador

Tabla 2. Resultados de las mediciones fisiológicas de crecimiento y desarrollo con los cultivares de ajo morado Nacional y Peruano, a los 79 y 117 días después de siembra

Variables	Días después de siembra			
	79		117	
	Cultivar		Cultivar	
	Nacional	Peruano	Nacional	Peruano
Altura de la parte aérea (cm)	17 a	23,0 b	31,6 ns	29,2
Número de hojas	9 ns	10	11ns	11
Masa seca de la parte aérea (g)	1,3 a	2,1 b	9,4 a	8,3 b
Calibre del bulbo (cm)	*	*	3,3 ns	3,4
Masa seca del bulbo (g)	0,2 a	0,4 b	4,3 ns	4,5

Nota: Medias seguidas de la misma letra en la fila, no son diferentes significativamente entre sí por la prueba t ($p < 0,05$).
ns – no significativo.*no fue evaluado dado que el cultivo estaba iniciando bulbificación.
Fuente: Elaboración propia

para seguir el desarrollo del cultivo (Saluzzo et al. 2008). Por los resultados obtenidos, el cultivar Peruano parece adaptarse bien a las condiciones locales. La cantidad de calor acumulado hasta los 130 DDS fue de 1.655,6 °C por el método directo (Thorntwaite y Mather 1954).

Los cultivares presentaron 13 hojas por planta a los 125 DDS (figura 2). El número de hojas está determinado por la composición genética de cada

cultivar, el efecto del ambiente y manejo agronómico (Pérez et al. 2005). En México, estudios con 16 genotipos de ajo morados y blancos señalaron entre 8 a 10 hojas por planta (Pérez et al. 2005). En la región del altiplano cundiboyacense, Rodríguez et al. (1998) con ajo cultivar Rosado criollo y Castro et al. (2014) con ajo cultivar Rubi-1 obtuvieron 15 y 11 hojas por planta, respectivamente. El calibre del bulbo y su peso seco final a los 119 DDS, también difirieron 5,2 cm y 9,9 g (Castro et al. 2014).

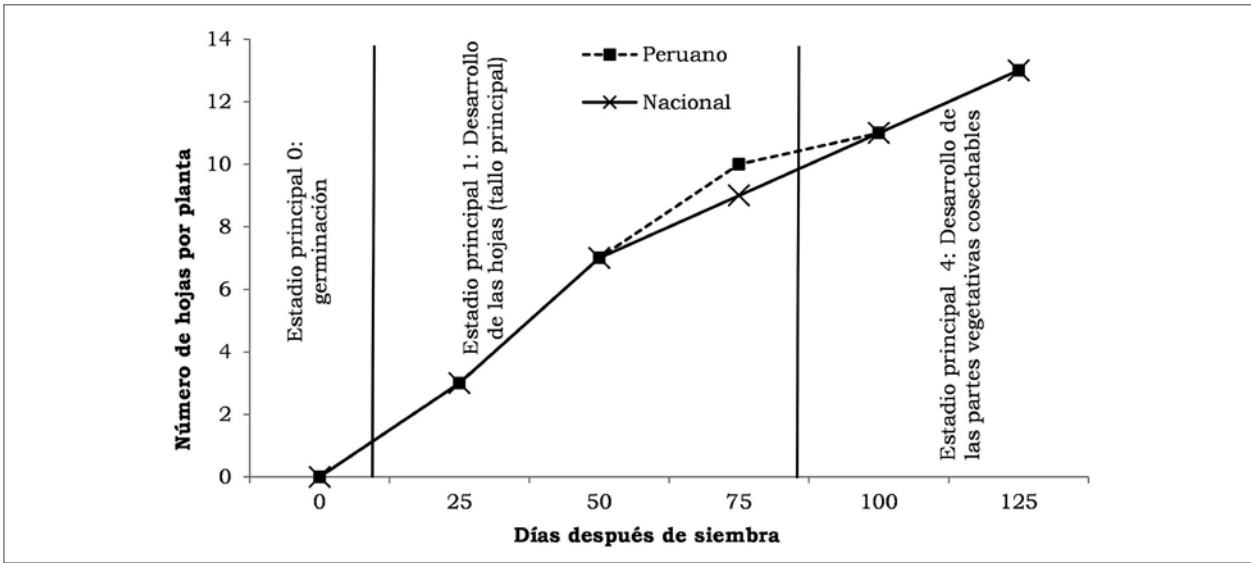


Figura 2. Comportamiento en el número de hojas por planta y estadios de crecimiento de los cultivares ajo morado Nacional y Peruano según fenología BBCH.
Fuente: Elaboración propia

Los presentes resultados de fenología se ajustan a los encontrados por Rodríguez et al. (1998) en la región del altiplano cundiboyacense. Sin embargo, en la ciudad de Tunja-Colombia (2.696 msnm, media 12 °C), el ajo presentó comportamiento más precoz, pues las fases de bulbificación y maduración iniciaron a los 43 y 85 DDS, con un ciclo total para el cultivo de 119 días (Castro et al. 2014). Según Messiaen (1979), en la planta de ajo, para diferenciar las yemas axilares en dientes y formar el bulbo, en general, se considera que el intervalo entre 5 °C y 10 °C, por un periodo de 40 días, es el óptimo para generar plantas capaces de desarrollar bulbos, aunque varía según el cultivar. Además, para lograr un desarrollo vigoroso de la planta es necesario que las temperaturas nocturnas sean superiores a 16 °C, o un gradiente térmico entre 13 °C a 24 °C. Estas condiciones ecofisiológicas son normales en el altiplano cundiboyacense, registrándose en el periodo de estudio temperatura media de $12,7 \pm 0,7$ °C, máxima y mínima media de 18,7 °C y 7,6 °C, respectivamente (Centro Agropecuario Marengo 2015). La humedad relativa media fue de $90,9 \pm 5,2\%$ (Centro Agropecuario Marengo 2015).

El cultivo fue atacado severamente por roya (*P. allii*) en los dos cultivares. Se evidenció síntomas de la enfermedad a partir de los 60 DDS, propiciado por condiciones ambientales favorables durante el ensayo (temperaturas entre 10 °C a 20 °C y al menos 6 h de humedad de la hoja) (Furuya et al. 2009; Gilles y Kennedy 2003). Además, un cultivo cercano de cebolla puerro (*A. ampeloprasum* var. Porrum) afectada. El monitoreo continuo de las condiciones climáticas, la vigilancia en campo de los síntomas y la aplicación del ingrediente activo fungicida Amistar Top® (azoxistrobina + difenoconazol, 0,45 L/ha) a los 70 y 105 DDS permitió su manejo.

Este patógeno está registrado para Colombia como plaga cuarentenaria reglamentada (Colombia 2010). Se ha identificado su presencia en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Norte de Santander, Santander, Cauca y Nariño (Instituto Colombiano Agropecuario 2013). En Cundinamarca, el ciclo de siembra 2012-2013 reveló que 73,9%, 18% y 31,2% de los lotes visitados de cebolla puerro, cabeza

y ajo, respectivamente, estaban infectados con *P. allii* (Instituto Colombiano Agropecuario 2013). Así mismo, la severidad que se evidencia en el ajo es muy crítica, dada la rapidez y la propagación del patógeno en los lotes, como ocurrió en el presente estudio, siendo quizás la principal limitante de manejo para su producción en la actualidad. Se hace imperativo controlar la enfermedad oportunamente.

El control de arvenses fue especialmente crítico, dada la baja competencia que tiene el género *Allium* durante los primeros estados fenológicos, además de la dificultad en disponer de suficiente mano de obra para su manejo con antelación. Fuentes y Romero (1991) señalan al ajo como un mal competidor, teniendo en cuenta el lento crecimiento del cultivo dentro de los primeros 100 días. El costo destinado a las labores de control de las arvenses (insumos y mano de obra) en el estudio fue del 3,1 % (tabla 3). A pesar de ser común entre los productores locales el manejo manual, se ha demostrado la mayor efectividad del control químico. Adekpe et al. (2007) indican mayor retorno neto por hectárea con la aplicación solamente de herbicidas, si bien los rendimientos de bulbo fueron similares con el control tradicional, es decir, por azadón. Este estudio demostró lo agotador, intensivo y costoso del control manual, inclusive para un lote tan pequeño.

Según opiniones personales por productores y comercializadores en Bogotá, el mercado ofrece un mejor precio para el cultivar Peruano, siendo en promedio un 25 % a 30 % mayor que el valor del Nacional, razón por la cual, a pesar de tener un costo/hectárea superior, se obtendría una mayor rentabilidad frente al ajo Nacional, fundamentalmente por calidad (categorías con mayor calibre de bulbo) y rendimiento. El precio mínimo aceptado (bulbo + hojas) debería ser de \$1.680/kg para el Nacional y \$1.850/kg para el Peruano, para obtener una rentabilidad del 25 % en los dos casos. Esos precios ajustados diferenciados se deben a los rendimientos similares esperados, pero con mayor costo/hectárea del cultivar Peruano (17,3 %). Así, se requeriría unos rendimientos (kg/ha) superiores o que el precio de venta recibido por el productor (hojas + bulbo/kg) sea mayor (tabla 3).

Tabla 3. Cuadro de costos del sistema productivo (\$ COP/ha) con los cultivares de ajo morado Nacional y Peruano

Costos del cultivo	Peruano (\$ COP/ha)	%	Nacional (\$ COP/ha)	%
Costos directos	11.504.491	81,58	9.425.4910	78,39
Insumos	6.202.366	43,98	4.178.366	34,75
Semilla	3.737.000	26,50	1.713.000	14,25
Fertilización	1.564.866	11,10	1.564.866	13,02
Manejo fitosanitario	433.000	3,07	433.000	3,60
Control arvenses	120.000	0,85	120.000	1,00
Maquinaria	347.500	2,46	347.500	2,89
Mano de obra	5.302.125	37,60	3.247.125	43,64
Siembra	750.000	5,32	750.000	6,24
Fertilización	390.000	2,77	390.000	3,24
Manejo fitosanitario	262.125	1,86	262.125	2,18
Control arvenses	255.000	1,81	255.0000	2,12
Riegos y drenajes	2.000.000	14,18	2.000.000	16,63
Cosecha	1.270.000	8,01	1.365.000	10,1
Riegos y drenajes	375.000	2,66	375.000	3,12
Costos indirectos	2.597.600	18,42	2.597.600	21,61
Total costos	14.102.091		12.023.091	
Precio esperado (\$ COP/kg) ¹		1.860		1.680
Rendimiento esperado (kg/ha) ²		9.500		9.000
Rentabilidad (%)		25		25

¹ Precio esperado en la ciudad de Bogotá, faltando aproximadamente cuatro semanas para cosecha (130 DDS)² Rendimiento mínimo esperado faltando aproximadamente cuatro semanas para cosecha (130 DDS)

* Tasa de cambio del mercado (1 agosto 2012): \$ 1 USD = \$1.790 COP

Fuente: Banco de la República 2015

A manera de comparación, el cálculo de los costos/hectárea del cultivo de ajo bajo riego en las condiciones de Castilla-La Mancha (España) se asemejan a los presentes resultados, salvo el de las semillas que fue superior frente al ajo Nacional (25,6% vs. 14,2%). Por ejemplo, el costo total de los insumos (semilla, fertilizantes, productos sanitarios y maquinaria) y la mano de obra, fundamentalmente familiar, representó 39,6% y 49,9%, respectivamente, valores próximos a las dos cultivares evaluadas. Fue considerado un rendimiento de 8,2 t/ha y 846 kg/ha de semilla ajo morado (Junta de Andalucía et al. 2001). Lo anterior permite comprobar el fuerte impacto social del cultivo de ajo en el altiplano cundiboyacense, como generador de fuentes de trabajo, pero también de la vulnerabilidad del productor que está condicionado a la disponibilidad de una mano de obra escasa y costosa.

Colombia reúne las condiciones ecofisiológicas para aumentar las áreas de cultivo del ajo, lo que permitiría satisfacer la demanda interna y obtener excedentes para exportar. A pesar de esto, los esfuerzos destinados al mejoramiento genético y transferencia tecnológica del cultivo son insuficientes todavía. En definitiva, las amenazas son de tipo sanitarias, especialmente, a la baja calidad de la semilla disponible y control de la roya y, por otro lado, en su comercialización, como se demostró en el presente trabajo. Estos obstáculos deberán sortearse para garantizar su consolidación y expansión en el país.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se esperaba rendimientos similares entre los dos cultivares, aunque se evidenció mayor costo/hectárea en el Peruano.

La búsqueda de otras canales de comercialización al producto es imperativa, debido a la comercialización precaria existente del ajo en el país, por ejemplo, adecuándolo para su venta como semilla.

Se recomienda realizar estudios más detallados caracterizando el comportamiento agronómico y financiero de los dos cultivares en diversas condiciones regionales del país y años.

Agradecimientos

A los profesores y compañeros de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, especialmente de la disciplina Ciclo II: ejecución de un proyecto productivo. A los funcionarios del CAM por la asesoría y apoyo en este trabajo. A la Facultad de Ciencias Agrarias por el apoyo financiero.

Descargos de responsabilidad

El autor declara que no existe ningún conflicto de interés que coloque en riesgo la validez de los resultados presentados.

Referencias

- Abu-Rayyan A, Akash MW, Gianquinto G. 2012. Onion seed germination as affected by temperature and light. *International Journal of Vegetable Science*. 18(1):49-63.
- Adekpe DI, Aliyu L, Shebayan JAY, Ishaya DB, Peter T. 2007. Economic analysis of chemical weed control in irrigated garlic (*Allium sativum* L.) in Sudan Savanna Ecology, Nigeria. *Crop Prot*. 26(12):1790-1793.
- Acosta-Rodríguez GF, Lujan-Favela M, Parra-Quezada RA. 2008. Crecimiento y rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, México. *Agric Téc Méx*. 34(2):177-188.
- Agencia Peruana de Cooperación Internacional, Comunidad Europea. 2004. Proyecto de cooperación UE-Perú en materia de asistencia técnica relativa al comercio. Ministerio de Comercio y Turismo Perú; [consultado 2014 nov]. <http://www.mincetur.gob.pe/Comercio/ueperu/licitacion/pdfs/Informes/50.pdf>.

- Agrodataperu. 2014. Ajos frescos. [consultado 2014 nov]. <http://www.agrodataperu.com/category/ajos-frescos-exportacion>.
- Banco de la República. 2015. Estadísticas - Tasa de cambio. [consultado 2016 ene]. <http://www.banrep.gov.co/es/trm>.
- Burba JL. 2008. Los grupos varietales del ajo (*Allium sativum* L.). Contribución para su entendimiento. Horticultura Argentina. 27(62):20-27.
- Castro HE, Cely GE, Santos Y. 2014. Determinación de los requerimientos hídricos del ajo y su relación con estados fenológicos. Cultura Científica. (12):56-64.
- Centro Agropecuario Marengo. 2015. El clima en Marengo. Universidad Nacional de Colombia. Universidad Nacional de Colombia; [consultado 2015 oct]. <http://www.marengo.unal.edu.co>.
- Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. Resolución 2895, Por medio de la cual se establecen las plagas cuarentenarias sometidas a control oficial ausentes y presentes en el territorio nacional. Bogotá: Diario Oficial, 6 de septiembre de 2010.
- Fabeiro C, Martín de Santa F, López R. 2003. Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agric Water Manage. 59(2):155-167.
- Fuentes CL, Romero CE. 1991. Una visión del problema de las malezas en Colombia. Agron Colomb. 8(2):364-378.
- Furuya H, Takanashi H, Fuji S, Nagai Y, Naito H. 2009. Modeling infection of spring onion by *Puccinia allii* in response to temperature and leaf wetness. Phytopathology. 99(8):951-956.
- Gilles T, Kennedy R. 2003. Effects of an interaction between inoculum density and temperature on germination of *Puccinia allii* urediospores and leek rust progress. Phytopathology. 93(4):413-420.
- Huez MA, López J, Jiménez J, Garza S, Preciado FA, Álvarez A, Valenzuela P, Rodríguez J. 2010. Fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo. Biotecnia. 12(3):23-31.
- Instituto Colombiano Agropecuario. 2013. Boletín Informativo. Resultados de Vigilancia de la roya del ajo (*Puccinia allii*) en Colombia. Año 2013. ICA; [consultado 2015 oct]. http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Epidemiologia-Agricola/BOLETINES/Nacionales/2013/BOL_Puccinia_allii_2013.aspx.
- Izquierdo H. 2006. Instructivo técnico para la producción de ajo-semilla de alta calidad fitosanitaria mediante el empleo de técnicas biotecnológicas. Temas de Ciencia y Tecnología. 10(30):63-71.
- Junta de Andalucía, Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero, Consejería de Agricultura y Pesca. 2001. Análisis productivo y económico del cultivo del ajo. [consultado 2015 oct]. En: http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/prospectiva/Ajo1_doc.pdf.
- Kilgori MJ, Magaji MD, Yakubu AI. 2007. Effect of plant spacing and date of planting on yield of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars in Sokoto, Nigeria. American Eurasian J Agric & Environ Sci. 2(2):153-157.
- Lancashire PD, Bleiholder H, Van den Boom T, Langelüddecke P, Stauss R, Weber E, Witzenger A. 1991. An uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. An Appl Biol. 119(3):561-601.
- Messiaen C. 1979. Las hortalizas. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. México D.F.: Blume.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2014. Reportes estadísticos. Agronet; [consultado 2014 jun]. <http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2015. Estadísticas de la FAO. FAO; [consultado 2015 ago]. <http://www.fao.org/statistics/es/>.
- Pérez L, Navarro MJ, Mendoza B, Ramírez R. 2010. Evaluación de rendimiento de compuestos de ajo tipo Taiwán. Acta Universitaria. 20(3):63-69.
- Pérez L, Palemón E, Serna SA, Cevallos E. 2005. Adaptación de cultivares de ajo morado y blanco (*Allium sativum* L.) en Acatlán, Guerrero, México. Acta Universitaria. 15(1):55-65.
- Pinzón H. 2009. Los cultivos de cebolla y ajo en Colombia: estado del arte y perspectivas. Rev Colomb Cienc Hortíc. 3(1):45-55.
- Portela JA, Cavagnaro JB. 2005. Growing phases of the white garlic (*Allium sativum* L.) plant in relation to field temperature and day length. Acta Hort. 688: 239-246.
- Rodríguez JF, Pinzón H, Laverde H, Corchuelo G. 1998. Comportamiento del crecimiento y desarrollo del ajo (*Allium sativum* L.) cv. Rosado criollo. Agron Colomb. 15(1):76-81.
- Rosen CJ, Tong CB. 2001. Yield, dry matter partitioning and storage quality of hardneck garlic as affected by soil amendments and scape removal. HortScience. 36(7):1235-1239.
- Saluzzo JA, Rattin J, Struik PC. 2008. Garlic crop response to ambient and agronomic factors. Ponencia presentada en: XXXI Congreso Argentino de Horticultura; Mar del Plata, Argentina.
- Saluzzo JA, Villafañe N, Figuerola P. 2010. Bulbificación de cuatro tipos comerciales de ajo (*Allium sativum* L.) en las condiciones ambientales del Valle Antinaco-Los Colorados, La Rioja, Argentina. Horticultura Argentina. 29(68):10-19.
- Sardi K, Timár E. 2005. Responses of garlic (*Allium sativum* L.) to varying fertilization levels and nutrient ratios. Commun Soil Sci Plant Anal. 36(4-6):673-679.
- Thorntwaite CW, Mather JR. 1954. Climate in relation to crops. Meteor monogr. 2(8):1-10.